

Modélisation et simulation efficaces du canal de propagation optique sans fil en environnement réel

P. Combeau, L. Aveneau, A. Behlouli,

Université de Poitiers, XLIM-SIC UMR CNRS 7252, Bât. SP2MI, Téléport 2, Bd Marie et Pierre Curie, BP-30179, 86962 Futuroscope CEDEX

Résumé

Ce papier présente nos travaux concernant la simulation du canal optique sans fil. Celle-ci repose sur l'utilisation d'un lancé de rayons 3D associé à des méthodes de Monte-Carlo visant à résoudre efficacement, en environnement réel, l'équation d'illumination globale modélisant la propagation de la lumière.

1. Problématique : l'équation d'illumination globale

La modélisation de la propagation de la lumière nécessite l'introduction d'un certain nombre de grandeurs photométriques. L'éclairement $E(x, t)$ (cf. figure 1 and (1)) en un point x du récepteur à l'instant t correspond à la puissance reçue par unité de surface et s'exprime en $W.m^{-2}$. La luminance incidente dans la direction $\vec{\omega}_i$ à un point x à l'instant t (cf. (2)) représente la puissance reçue par unité de surface et d'angle solide et s'exprime en $W.m^{-2}.sr^{-1}$. La puissance reçue sur le récepteur à un instant t ainsi que la puissance totale reçue sur un intervalle de temps T s'exprime enfin à partir des grandeurs précédentes selon (3) et (4).

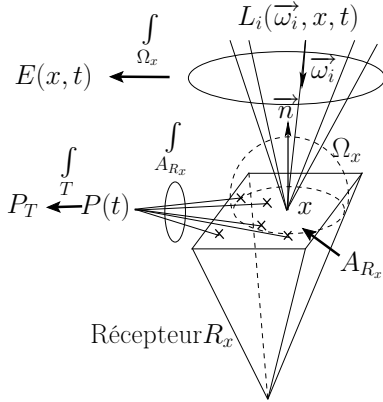


Figure 1 : Les grandeurs photométriques

$$E(x, t) = \int_{\Omega_x} L_i(\vec{\omega}_i, x, t) |\vec{\omega}_i \cdot \vec{n}| d\omega_i \quad (1)$$

$$L_i(\vec{\omega}_i, x, t) = \frac{dE(x, t)}{|\vec{\omega}_i \cdot \vec{n}| d\omega_i} \quad (2)$$

$$P(t) = \int_{A_{Rx}} E(x, t) dA(x) \quad (3)$$

$$P_T = \int_T P(t) dt \quad (4)$$

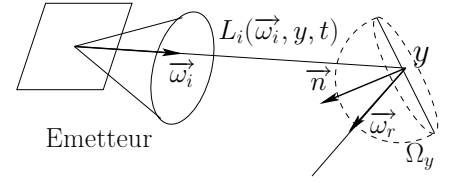


Figure 2 : Phénomène de réflexion d'un flux lumineux

$$L_i(\vec{\omega}_r, y, t) = \int_{\Omega_y} fr(y, \vec{\omega}_i \rightarrow \omega_r) L_i(\vec{\omega}_i, y, t) |\vec{\omega}_i \cdot \vec{n}| d\omega_i + L_e(\vec{\omega}_r, y, t) \quad (5)$$

L'équation d'illumination globale (5), faisant intervenir les propriétés réfléchissantes des surfaces (fr : Bidirectional Reflectance Distribution Function), régit la propagation des ondes lumineuses dans l'environnement par réflexions successives. La résolution efficace de cette équation intégrale récursive constitue la contribution majeure de ces travaux.

2. Algorithmes développés

Les intégrations nécessaires sur les hémisphères recouvrant l'émetteur, le récepteur et les points de réflexions sont réalisés via des méthodes de Monte-Carlo associées à un lancé de rayons 3D. Deux algorithmes complémentaires ont été implémentés. Le premier, appelé Ray-Shooting, consiste à lancer des rayons depuis l'émetteur et permet de traiter efficacement les configurations SIMO. À chaque réflexion le raccordement aux récepteurs est effectué si celui-ci est visible et un nouveau rayon est généré jusqu'à épuisement du nombre maximal de réflexions considéré. Le second, appelé Ray-Gathering, consiste à inverser le problème en lançant les rayons depuis le récepteur, permettant ainsi d'accélérer les calculs en configuration SIMO.

3. Conclusion

Dans ce papier, nous avons présenté deux algorithmes permettant de simuler efficacement le canal optique sans fil en environnement réel. Les résultats de ces deux algorithmes ont été validés par confrontation à ceux de la littérature obtenus par la méthode de radiosité[1]. Enfin, un troisième algorithme dédié à la configuration MIMO, visant à fusionner les techniques de Ray-Shooting et Ray-Gathering, est en cours de développement.

4. Bibliographie

- [1] J.R. Barry, J.M. Kahn, W.J. Krause, E.A. Lee, and D.G. Messerschmitt. Simulation of Multipath Impulse Response for Indoor Wireless Optical Channels. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 11(3) :367–379, 1993.